



Maiju Männikkö

Ohje erilaisille tilantarpeille kerros- taloissa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikka

Insinöörityö

31.10.2022

Tiivistelmä

Tekijä:	Maiju Männikkö
Otsikko:	Ohje erilaisille tilantarpeille kerrostaloissa
Sivumäärä:	26 sivua
Aika:	31.10.2022
Tutkinto:	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	talotekniikka
Ammatillinen pääaine:	LVI-suunnittelu
Ohjaajat:	lehtori Pasi Partonen koulutuspäällikkö, LVI-projektipäällikkö Matti Järvinen

Insinöörityön tavoitteena oli nopeuttaa ja helpottaa tilavarausten tekemistä sekä uudisrakennuksissa että korjausrakennuskohteissa LVI-suunnittelijan näkökulmasta. Työ keskittyy lähinnä kerrostaloihin, joissa on keskitetty ilmanvaihto.

Insinöörityössä käydään läpi, mitä tilavarauksilla tarkoitetaan ja mitä kaikkea on otettava huomioon tilavarauksia suunniteltaessa. Erikseen käsitellään talotekniikkaa varten tarvittavat kuilut – jotka voivat olla paikalla tehtäviä tai elementtihormeja – ilmanvaihtokonehuone ja muut ilmanvaihtoon liittyvät tilantarpeet, lämmönjakohuone sekä viemäreihin ja vesijohtoihin liittyvät tilantarpeet.

Lähteinä käytettiin Rakennustieto Oy:n ohjekortteja, Energiateollisuus ry:n ja Talotekniikkainfon aineistoa, muutamaa talotekniikka-alan kirjaa sekä LVI-suunnittelutyötä tehneiltä henkilöiltä haastattelemalla saatua tietoa. Lopputuloksena syntyi dokumentti, johon on koottu oleellisimmat tilavarauksiin liittyvät tiedot. Lisäksi olemassa oleva MagiCAD-tiedosto laajennettiin sisältämään eri kokoisten kuilujen lisäksi IV-koneiden ja lämmönsiirtimien kokoja havainnollistavia objekteja.

Insinöörityön yhteenvedona voidaan todeta, että tilavarauksiin kannattaa panostaa heti projektin alkuvaiheessa, jotta pysytään aikataulussa ja vältetään tilavarauksiin liittyviltä hankaluuksilta projektin edetessä.

Avainsanat: tilavaraukset, lämmönjakohuone, IV-konehuone, kuilut

Abstract

Author: Maiju Männikkö
Title: Instructions for Different Space Requirements in Apartment Buildings
Number of Pages: 26 pages
Date: 31 October 2022

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Building Service Engineering
Professional Major: HVAC Design
Supervisors: Pasi Partonen, Senior Lecturer
Matti Järvinen, Training Manager, Project Manager

The aim of the final year project was to make it easier and quicker to design space reservations for both new and repair construction. The main focus was on apartment buildings with centralized ventilation, from an HVAC designer's point of view.

The project aimed to study what space reservations are and to identify the necessary things to be considered when designing space reservations. Shafts for building services engineering, engine rooms and other space requirements for air conditioning, heat distribution rooms and space requirements for plumbing and pipes were all studied.

Information was searched in books and publications, and engineers with experience in designing space reservations were interviewed. As a result, the key points of designing space reservations were gathered in one document. An already existing MagiCAD file with objects for different shaft sizes was broadened to also have objects for different air supply units and heat exchangers.

The project proved that it is important to design space reservations thoroughly in the early stage of the project to keep to the schedule and to avoid difficulties later on as the project develops. The additions in the MagiCAD file will improve the work of the commissioning company.

Keywords: space reservations, heat distribution room, engine room, shafts

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Yleistä tilavarauksista	2
1.2	Tilavarausten eteneminen ja haasteet	3
2	Kuilut	5
2.1	Hormielementit	6
2.2	Paikalla tehtävät kuilut	8
3	Ilmanvaihto	11
3.1	Keskitetty ilmanvaihto	12
3.2	Hajautettu ilmanvaihto	13
3.3	Painovoimainen ilmanvaihto ja koneellinen poisto	18
4	Lämmitys	18
5	Viemärit ja vesijohdot	20
6	Paloturvallisuus	22
6.1	Palo-osastot	22
6.2	Sammutuslaitteistot	23
7	Varautuminen uusiin järjestelmiin	24
8	Yhteenveto	25
	Lähteet	27

Lyhenteet

IV: ilmanvaihto

LVI: lämmitys, vesi ja viemäri, ilmanvaihto

SUKE: suunnittelun ohjausta tukevien menettelyjen kehittäminen

TATE: talotekniikka

1 Johdanto

Voidakseen lähteä suunnittelemaan tarvittavaa talotekniikkaa LVI-suunnittelijan täytyy tietää, minkälaisia tiloja rakennukseen on tulossa. Asuinkerrostaloissa toistuvat aina tietyt tilat, kuten asunnot, porrashuoneet, irtaimistovarastot ja talosauna, usein myös pesutupa ja kerhohuone. Pohjaratkaisut toistuvat tyypillisesti samankaltaisina päällekkäisissä asunnoissa [1, s. 8]. Eniten muuntojoustavuutta tarvitsevat kerrostalon pohjakerroksessa mahdollisesti toimivat liiketilat. Arkkitehti päättää tilojen sijainnin ja koon huomioiden LVI-suunnittelijoiden ja muiden erityissuunnittelijoiden esittämät tilavaraukset.

Malli talotekniikan suunnittelun ja hankintojen ohjaukseen projektinjohtohankkeissa -kirjassa esitellään erilainen tapa suhtautua tilavarauksiin. Kirjassa puhutaan projektinjohto-malleista, joissa rakennuksen käyttäjät ja tilantarpeet eivät ole vielä tiedossa rakennushanketta käynnistettäessä. Kirjan vastaus tähän haasteeseen on SUKE-malli, jossa päätökset tehdään mahdollisimman myöhään ja jatkuvasti täydentäen ja rakennus jaetaan talotekniikan osalta kiinteään perusosaan sekä muuntuvaan tilaosaan. [2, s. 5.]

TATE-perusjärjestelmät keskuslaitteineen mitoitetaan joustavan ohjelman mukaisiksi ottaen huomioon tila-alueiden konseptit ja tilajärjestelmien ja tilalaitteiden käytön samanaikaisuus. TATE-reititys suunnitellaan systemaattiseksi ja talotekniikan tilavaraukset mitoitetaan perusrakennuksen ja tila-alueiden osalta muunneltavuusvaatimuksien mukaisiksi. [2, s. 5–6.]

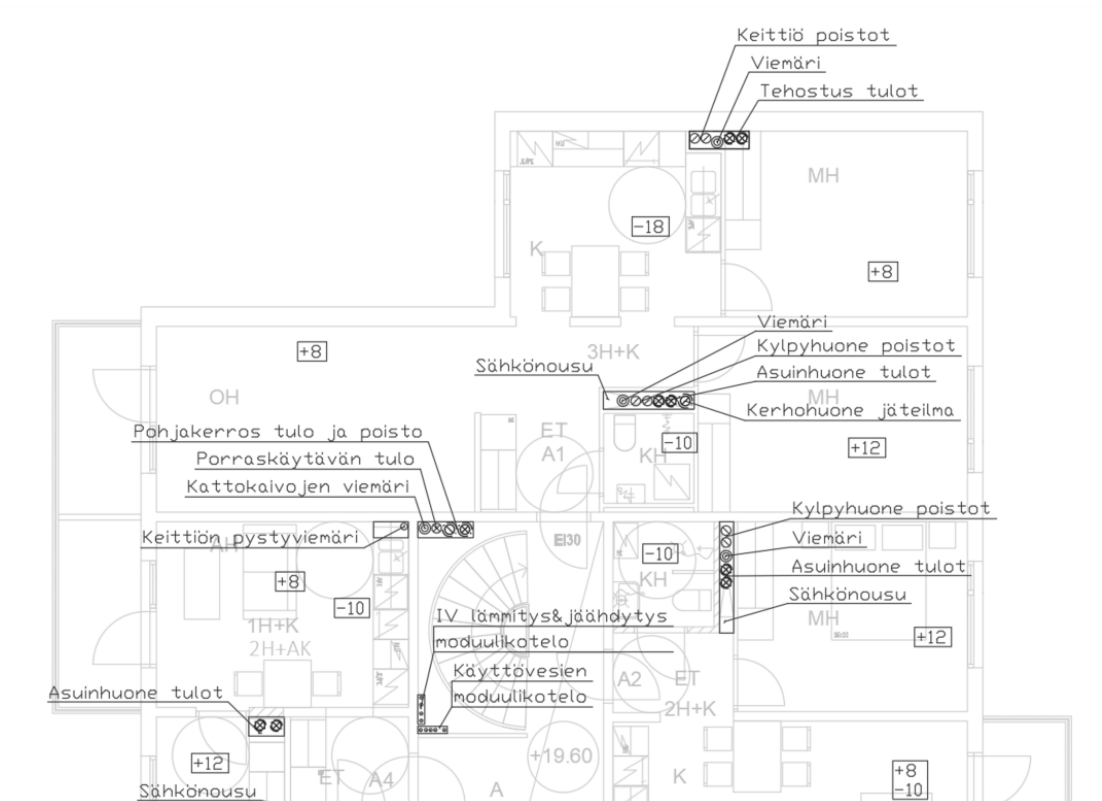
Lainauksessa mainitulla perusrakennuksella voitaisiin viitata esimerkiksi toimitalarakentamisen teknisiin tiloihin, auloihin ja käytäviin, kun taas tila-alueilla liiketiloihin. SUKE-malli soveltuu todennäköisesti parhaiten liikehuoneistoihin ja toimistotiloihin, joissa tilojen vuokralaisten vaihtumisella voi olla suuri vaikutus tarvittavaan talotekniikkaan. Asuinkerrostalojen tilantarpeet ovat yksinkertaisempia, ja asukkaiden vaihtuminen harvemmin aiheuttaa tarvetta mittaviin talotekniikan muutosremontteihin.

Kustannustehokkuuden ja ympäristöystävällisyyden takia täytyy muistaa, ettei tiloja ja tekniikkaa voi muuntojoustavuuden tarpeesta huolimatta juurikaan ylimentoitaa. Muuntojoustavuus täytyy sen sijaan saavuttaa jättämällä mahdollisuus muutosten tekemiseen tulevaisuudessa kohdistetusti ilman täysremonttia.

Insinööriyö kirjoitettiin Hepacon Oy:lle ja se kokoaa yhteen oleellista tietoa tilavarauksen suunnittelusta. Lisäksi Hepaconille lähdettiin työstämään työkalua kuilujen, IV-koneiden ja lämmönsiirtimien mitoituksen avuksi. Hepaconilla oli ennestään kaksi dwg-tiedostoa, joissa on erikokoisia kuiluja ilmanvaihtokanaville, vesiputkille ja viemäreille. Toisessa tiedostossa on paikalla tehtäviä kuiluja ja toisessa tehdasvalmiita rakenneaineisia hormoneja. Insinööriyön kuvat 3, 4 ja 5 ovat kyseisistä tiedostoista. Olemassa olevat kuilupiirustukset yhdistettiin uuteen tiedostoon, johon lisättiin myös useita eritehoisia ja -kokoisia IV-koneita sekä lämmönsiirtimiä. Tarkoituksena oli luoda tiedosto, josta voisi nopeasti nähdä kuilujen tilantarpeen lisäksi, minkä verran tilaa tietyn ilmamäärän kone ja tietyn kokoinen lämmönsiirrin tarvitsevat huoltotiloineen.

1.1 Yleistä tilavarauksista

Tilavarauksilla tarkoitetaan talotekniikalle eli LVI:lle, sähkölle ja rakennusautomaatiolle varattua tilaa rakennuksessa. Keskitetyn vesikiertoisen lämmityksen ja lämpimän käyttöveden tuottamista varten tarvitaan lämmönjakohuone ja keskitetty ilmanvaihto varten ilmanvaihtokonehuone. Sähköä varten tarvitaan ainakin sähköpääkeskus ja teletila. Lisäksi tarvitaan kuiluja, joissa kuljettaa lämpö- ja käyttövesijohtoja ja kanavia eri kerrosten välillä. Suurissa rakennuksissa on syytä pohtia tarvetta useammille teknisille tiloille [3]. Esimerkiksi ilmanvaihtokonehuoneet voidaan toteuttaa rakennusosa- tai porraskohtaisesti, jotta pitkiltä vaakavedoilta vältytään, ja jotta ilmanvaihtokanavien määrät ja koot saadaan pidettyä kohtuullisina [3].



Kuva 1. Esimerkki peruskorjauskohteelle suunnitelluista paikalla rakennettavista kuiluista ja niissä kuljetettavasta tekniikasta.

Kuvaan 1 on hahmoteltu erään asuinkerrostalon osassa tarvittavia ilmanvaihdon pystykanavia, pystyviemärinousuja sekä lämmitys-, jäähdytys-, käyttövesi- ja sähkönousuja. Kuvaan on merkitty myös eri huonetiloille suunniteltuja tulo- ja poistoilmamääriä. Käyttövesinousuille sekä ilmanvaihdon lämmitykselle ja jäähdytykselle on suunniteltu käytettävien moduulikiteloita, joista kerrotaan lisää luvussa 2.1.

1.2 Tilavarausten eteneminen ja haasteet

Tilavarauksia suunnitellaan heti projektin alussa. Arkkitehti päättää muiden tilojen ohella myös teknisten tilojen sijainnit ja yleensä piirtää kuviin myös kuiluja, mutta saattaa alimitoittaa ne. Joskus kuilut puuttuvat aluksi kokonaan arkkitehdin kuvista, jolloin LVI-suunnittelijan on oltava arkkitehtiin yhteydessä selvittääkseen, mikä on tämän näkemys sopivista kuilujen sijoituspaikoista. [4]

Tilavarausten tekeminen kannattaa aloittaa pohjakuvien läpikäymisellä. Kellaritilat vaativat yleensä erityistä tarkastelua liittyen siihen, kuinka paljon omia nousukuiluja ja erillis-IV-koneita ne tarvitsevat. [4] Kun on tehty rakennuksen ilmamäärälaskelmat ja järjestelmämääritykset palvelualueineen, päästään käsiksi tarvittavien tekniikkanosuuden määrään ja kokoon. Ilmamäärälaskelmien perusteella saadaan määritettyä ilmanvaihdon pystykanavien tilantarpeen lisäksi myös alustavat IV-konekoot, joiden mukaan konehuoneita mitoitetaan. [5] Ilmanvaihdon jälkeen suunnitellaan viemäreiden, käyttövesijohtojen sekä lämpöjohtojen nousuja ja reittejä.

Ensimmäisen kommenttikierroksen jälkeen tilavarauksia muokataan lähes aina ainakin jonkin verran. Välillä arkkitehti haluaa vaihtaa tilojen sijainteja rakennuksen sisällä tai rakennuksesta toiseen tai muuttaa kuilun paikkaa tai kokoa. [6] Toisinaan tarve tilojen siirroille aiheutuu projektin edetessä vastaan tulleista rakenteellisista yllätyksistä tai tarpeesta tehdä tiloista toimivampia [5]. Rakennesuunnittelija saattaa myös todeta, että rakennukseen tarvitaankin ilmanvaihdon erillispoistolla varustettuja järjestelmiä, kuten radonpoisto tai alapohjan tuuletus, jolloin uudelle kanavalle on löydettävä paikka [4].

Tilavarauksiin kuluva aika on hyvin projektikohtaista, mutta niihin kannattaa panostaa, sillä tekniikalle tarvittavia tiloja on vaikeampi lisätä kesken suunnittelun ja muutoksilla voi olla kerrannaisvaikutuksia. Esimerkiksi sähkösuunnitelmat voivat mennä osittain uusiksi LVI-muutosten takia. [7] Käytettävään aikaan vaikuttaa paljon kohteen koko sekä jo tiedossa olevat vaatimukset siitä, mitä tekniikkaa halutaan tai missä laajuudessa nykyistä tekniikkaa uusitaan. Osassa kohteista käytettävissä olevaa tilaa on niukemmin, jolloin talotekniikalle sopivien paikkojen löytäminen vie enemmän aikaa. Yleensä myös suuret energiatehokkuuden parannustavoitteet lisäävät tekniikan määrää ja täten myös tarvittavan tilamäärän yhteensovittamista pohjakuviin arkkitehdin ja erityissuunnittelijoiden kanssa. [5] Kun kyseessä on tavallinen asuinkerrostalo, tilavarausten tekemiselle on hyvä varata muutama työpäivä. Hieman vaativampia kohteita – kuten liiketiloja sisältäviä tai tavallista korkeampia kerrostaloja – varten kannattaa varata enemmän

aikaa. [4] Viikossa ehtii yleensä tehdä tilavaraukset ensimmäistä kommenttikierrosta varten isommassakin asuntokohteessa [6].

Mahdollisia haasteita tilavarausten tekoon saattaa aiheutua puutteellisista lähtötiedoista tai tilojen ahtaudesta. Esimerkiksi pienessä porrashuoneessa voi olla vaikeaa löytää tilaa kuiluille, kun on huomioitava riittävä kulkuleveys sekä liikuntaesteettömyyden pyörähdysympyrät, jotta muun muassa pyörätuolia käyttävät tai lastenvaunuja työntävät henkilöt pääsevät liikkumaan esteettömästi. [4] Tilan ahtautta voi esiintyä myös ullakolla tai vesikatolla, jonne LVI-suunnittelijan pitäisi saada sovitettua ilmanvaihtokanavat sekä tuuletusviemärit ja kattovesien sadevesiviemärit. Tällöin suunnittelu vaatii yhteensovittamista arkkitehdin ja rakennesuunnittelijan kanssa. [6] Etenkin peruskorjaushankkeissa haasteita aiheuttaa lisääntyvän tekniikan sovittaminen jo olemassa oleviin tiloihin [5]. Myös kantavat rakenteet voivat rajoittaa suunnittelua, sillä niitä ei aina voi lävistää toivotusta kohdasta tai toivotussa laajuudessa. Lisäksi suunnittelija voi tuntea tietynlaista painetta siitä, ettei tuhlaa tiloja tarpeettoman suuriin tilavarauksiin. [7]

Korjausrakennuskohteissa rakennuksen valmistumisvuodella voi olla vaikutusta siihen, minkä verran talotekniikalle on tilaa. Ennen 1900-luvun puoltaväliä valmistuneissa rakennuksissa on yleensä tarpeeksi kerroskorkeutta ja ullakoilla tilaa talotekniikka-asennuksille. Lisäksi vanhoja savu- ja ilmahormeja voidaan usein käyttää nousukuiluina ja kantavia rakenteita voidaan tietyissä määrin lävistää. Kellarikerrokset kuitenkin saattavat olla haastavan matalia. Suunnilleen vuonna 1950 ja sitä myöhemmin tehdyissä rakennuksissa taas kerroskorkeus ja kuilut saattavat olla riittämättömiä, eikä kantavia rakenteita useissa tapauksissa voida lävistää uusilla läpivienneillä. Näiden rakennusten olemassa olevat LVI-asennukset saattavat kuitenkin olla käyttökelpoisia. [3]

2 Kuilut

Uudiskohteissa kuilujen tyypillinen toteutus on rakenneaineinen hormielementti, kuten Elpo tai Luja-hormi. Korjauskohteissa käytetään yleensä paikalla tehtäviä hormoneja tai moduulirakenteisia hormielementtejä, ja joissain tilanteissa

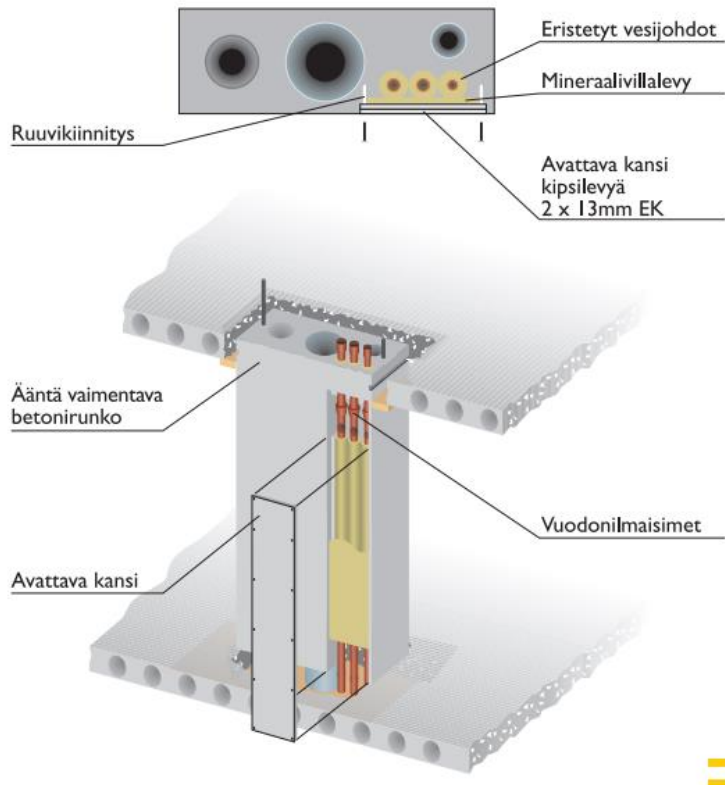
peruskorjaus onnistuu vanhoja olemassa olevia kuiluja käyttämällä. Kuiluille sopivia paikkoja löytyy yleensä kylpyhuoneista, vessoista, keittiöistä, eteisistä, varastotiloista, käytäviltä, porrashuoneista ja hissikuilujen vierestä [3]. Kuiluista, joissa kuljetetaan runsaasti tekniikkaa tai joiden sisällä tehdään vaakasiirtoja, voi olla tarpeellista esittää detaljikuva.

LVI-suunnittelijan on välillä otettava huomioon mahdollinen sähkön varaus kuiluissa ja muutenkin yhteensovittava talotekniikan toteutus sähkösuunnittelijan ja mahdollisesti esimerkiksi sprinklerisuunnittelijan kanssa. [4] Porrashuoneissa on usein porrashuoneita palvelevat sähkönousut sekä IV-konehuonetasolle nousevat sähkökaapelit, jotka sijoitetaan joskus vesijohtonousujen viereen. Asuntojen sisällä kuljetettavia sähkönousuja LVI-suunnittelijan ei yleensä tarvitse huomioida tilavarausten yhteydessä, sillä ne ovat usein omassa tilassaan esimerkiksi eteisen kaappien päässä tai ryhmäkeskusten yhteydessä koteloituna. [6]

2.1 Hormielementit

Elpo-hormi on Rudus Oy:n tuote ja Luja-hormielementti Lujabetoni Oy:n. Molemmat tehdasvalmiit hormielementit valmistetaan betonista ja niiden mukana toimitetaan myös elementin sisälle suunnitellut putket ja kanavat tulpattuina. Betonisia hormielementtejä valmistaa myös ainakin NB-seinä Oy.

Talotekniikkaelementti



Kuva 2. Elpo-hormin leikkauspiirustus [8].

Kuvassa 2 on esitetty Elpo-hormin rakenne. Betoniin tehdään tehtaalla valmiiksi tarvittavat reiät ottaen huomioon putkien ja kanavien koot sekä eristepaksuudet. Hormielementtiin tehdään myös varaus avattavalle kannelle, mikäli hormiin sijoitetaan lämpö- tai käyttövesinousuja.

Betonihormin etuja ovat paloturvallinen ja ääntä eristävä materiaali, joka mahdollistaa pienemmän hormikoon verrattuna paikalla tehtävään hormiin, sekä ajansäästö työmaalla asennustöiden osalta [9, 10]. Hormielementin huono puoli on se, että suunnitelmia on vaikeampi muuttaa. Kun valmis betoninen hormielementti on toimitettu, se ei ole enää työstettävissä. Lisäksi haasteita saattaa aiheutua, kun kuilutila on puristettu minimiin ja kanavat sekä putket ovat lähellä

toisiaan, jolloin pois kuuluista tuotujen vaakavetojen eristeille ei välttämättä jää tarpeeksi tilaa [4].

Hormielementtejä on myös muunlaisia kuin betonisia. Esimerkiksi Pipemodul Oy valmistaa teräksisiä moduuleita vesijohdoille, viemäreille, sähköjohdoille ja lämmöntalteenotolle sekä lisäksi yhdistelmämoduuleita, joissa voidaan kuljettaa käyttövesi-, lämpö- ja lämmöntalteenottoputkia sekä sähkö- ja telekaapeleita porrashuoneissa ja huoneistoissa. [11]

Uponorilla on valikoimassaan hieman samantyyppiset tuotteet Reno Port -talotekniikkasetti ja Riser Port -talotekniikkahormi. Ensimmäinen soveltuu uudis- ja korjauskohteisiin vesiputkille sekä viemäreille ja tarvittaessa lämpö- ja sähkönousuille. Jälkimmäinen soveltuu uudiskohteisiin sekä 1960–1990-luvun tyyppikerrostaloihin kaikille talotekniikkanousuille. [12]

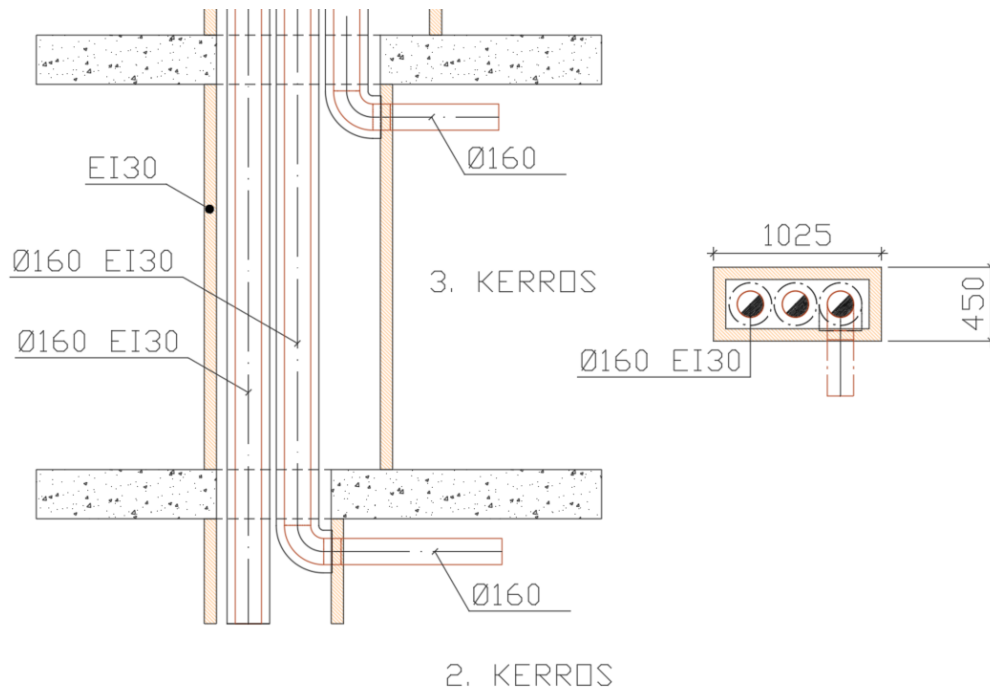
Riser Portin viemärimoduulissa, lämpöjohtomodiuulissa ja ilmanvaihtomodiuulissa materiaalina on elementin runkoa vasten asennettava 15 mm:n kipsilevykerros ja sen päällä 13 mm:n levykerros. Vesimoduulissa elementin runko ja ulkosivu koostuu yhtenäisestä teräslevyelementistä. Putket, kanavat sekä tarvittavat eristeet ja palokatkot sisältyvät Riser Port -hormielementin toimitukseen. [13]

Uponor listaa Riser- ja Reno port -elementtien eduiksi muun muassa tehdasolosuhteissa varmistetun laadun, vaivattoman asennettavuuden, huollettavuuden ja vuototurvallisuuden [12]. Kaikkien elementtihormien tavoitteena on säästää aikaa työmaalla ja saada talotekniikka mahdollisimman pieneen tilaan. Elementtihormeissa on myös huolehdittu vuodonilmaisista.

2.2 Paikalla tehtävät kuilut

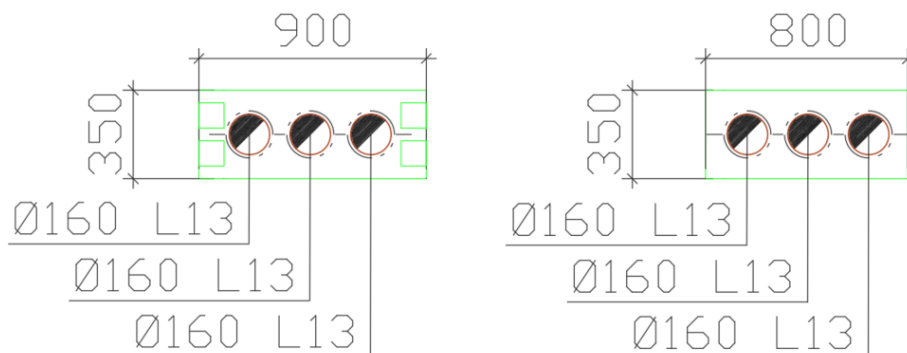
Paikalla tehtävien kuilujen materiaalina käytetään tiiltä, harkkoja, betonia tai kipsilevytystä kaksinkertaisena levytyksenä ja kuilut tehdään ääneneristyksen takia tiiviiksi ja raskasrakenteisiksi. Kuilujen seinissä käytetään paloturvallisuussyistä vähintään A2-s1, d0 -luokan tarvikkeita. [3] Paikalla tehdyissä kuiluissa lämpö- ja

käyttövesijohtoja sekä kanavia ei saada yhtä tiiviiseen pakettiin kuin hormielementeissä, mutta mahdollisten suunnitelmamuutosten toteuttaminen pystynousuihin on helpompaa eikä vaadi yhteydenottoa hormielementin toimittajaan.



Kuva 3. Paikalla tehtävän kuilun leikkauspiirustus.

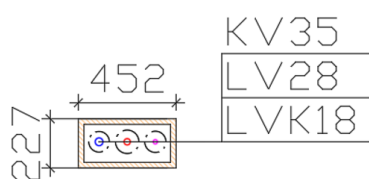
Kuvassa 3 on esimerkki paikalla tehtävästä kuilusta, jossa kuljetetaan IV-kanavia sekä sivulta että ylhäältä katsottuna. Kuilun ulkomitoiksi on kuilun ympärille tuleva rakenne huomioiden suunniteltu 1 025 mm ja 450 mm, kun DN160-kanavia on kolme ja niissä on paloeriste EI30. Kuilun kokoa voidaan verrata vastaaviin rakennearkeisiin hormeihin, jotka on esitetty kuvassa 4.



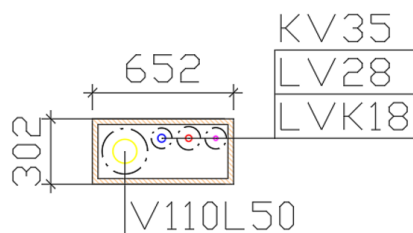
Kuva 4. Rakenneaineinen hormi kantavassa seinässä kannatuslenkeillä ja seinän edessä ilman kannatuslenkkejä.

Mikäli kuilu on kantavassa seinässä, sen leveys on 125 mm pienempi ja syvyys 100 mm pienempi kuin paikalla tehtävässä kuilussa. Jos taas kuilu ei ole kantavassa seinässä eikä siten tarvitse kannatuslenkkejä, kuilun leveydessä säästetään vielä 100 mm enemmän tilaa. Rakenneaineisissa hormeissa betoni toimii paloeristeenä ja kuvan 4 kanaviin on suunniteltu 13 mm solukumieriste lämpöeristeeksi.

VESIJOHDOT:
VAPAA AUKKO 175x400



VESIJOHDOT JA VIEMÄRI:
VAPAA AUKKO 250x600



Kuva 5. Paikalla tehtävä kuilu vesijohtoille ja viemärille.

Kuvassa 5 on esitetty, mitkä ovat paikalla tehtävän kuilun sisä- ja ulkomitat, kun kuilussa on maltillisen kokoinen kylmä- ja lämminvesijohto sekä lämpimän veden kiertojohto. Vieressä on esitetty, minkä verran kuilun koko muuttuu, kun

siihen lisätään lämpöeristetty viemäri kokoa DN110. Kuvat 3–5 ovat Hepaconin omasta hormiaineistosta.

LVI-suunnittelijan tulee esittää suunnitelmissaan vuodonilmauksen tarve kuiluissa, joissa kuljetetaan vesijohtoja. Vuodonilmaisuus voidaan toteuttaa esimerkiksi varustamalla kuilussa kulkevat lämpö- ja käyttövesijohdot vuotokupeilla, joiden vuotoletkut johdetaan seinärakenteessa olevan reiän tai vuotosäleikön välityksellä näkyville [14].

3 Ilmanvaihto

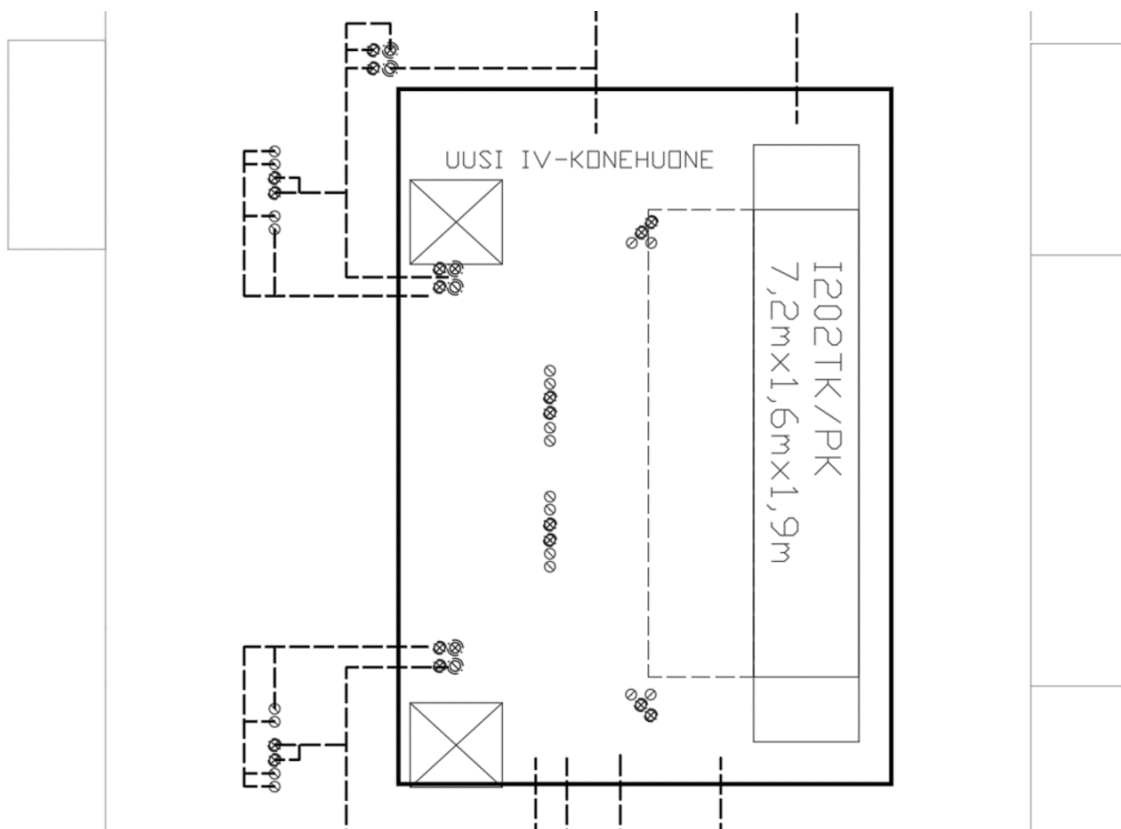
Ilmanvaihtokanavat, etenkin eristettyinä, vievät kokonsa takia enemmän tilaa kuin vesijohdot, joten tilavarausten suunnittelu on luontevaa aloittaa ilmanvaihdosta. Suunnittelija laskee tarvittavat ilmamäärät eri tiloille, minkä jälkeen on mahdollista arvioida, minkä kokoinen IV-kone tai useampi tarvitaan. Suunnittelija pystyy myös arvioimaan tarvittavien pystykanavien määrän ja koot.

Kellarikerroksen tai pohjakerroksen ja mahdollisesti ullakon yleisissä tiloissa on selvitettävä erillisten IV-koneiden tarve ja etsittävä niille sopivat paikat huonetiiloista. Välillä arkkitehti huomioi koneiden alustavat paikat omissa suunnitelmissaan ennen LVI-suunnittelijan tekemiä tilavarauksia. [4]

Jotta tulipalon sattuessa savu ei leviä IV-kanavistossa, tulo- ja poistoilmalaitteet, kuten pääte-elimet tai säätöpellit, voivat toimia kuristimina, kunhan näillä laitteilla on riittävä virtausvastus. Kuristimille on kuitenkin asetettu rajoitus, jonka mukaan ilmavirtaa saa olla enintään 42 litraa sekunnissa sadan pascalin paine-erolla. [15]. Tästä rajoituksesta johtuen suurissa asunnoissa tarvitaan tyypillisesti useampi tulo- ja poistokanava. Paloturvallisuutta selvitetään enemmän luvussa 6.

3.1 Keskitetty ilmanvaihto

Keskitetyssä ilmanvaihdossa asuntoja palvelee ilmanvaihtokonehuoneessa sijaitseva ilmanvaihtokone. IV-konehuone on kerrostaloissa luontevinta sijoittaa vesikatolle tai ullakolle. Konehuoneesta halutaan yleensä mahdollisimman pieni kustannusten säästämiseksi ja myös rakennuksen ulkonäöllisistä syistä. Kuilujen sijaintia täytyy miettiä suhteessa konehuoneeseen, jotta pystynousuja ei sijoiteta suoraan IV-koneen alle. Arkkitehti haluaa usein vesikatolla olevan tekniikan niin, ettei se vaikuta näkyviltä osin kaupunkikuvaan. Keskeimmälle vesikattoa sijoitetut tuuletusviemärit ja ilmanvaihdon ulkolaitteet, kuten huippuimurit ja ulospuhallushajottajat tai ulkoilmasäleiköt, ovat paremmin katseilta suojassa kuin lähelle räystäslinjan reunaa sijoitettuna.



Kuva 6. Esimerkki ilmanvaihtokonehuoneesta.

Kuvaan 6 on piirretty erään kerrostalon ilmanvaihtokanavien pystynousuja, joista osa osuu suoraan konehuoneeseen ja osa vesikatolle. Kanavien reittejä on

hahmoteltu viivapiirrolla. IV-koneelle on annettu laitetunnus I202TK/PK ja sen kooksi on suunniteltu 7,2 m x 1,6 m x 1,9 m. IV-koneen yhteyteen on katkoviivalla piirretty koneen huollolle varattava tila.

3.2 Hajautettu ilmanvaihto

Hajautetussa ilmanvaihdossa huoneistoihin asennetaan omat IV-koneet. Mikäli kerrostaloon valitaan hajautettu järjestelmä, säästetään paljon tilaa kuiluissa, kun vesikatolle johdetaan ilmanvaihtoon liittyen mahdollisesti ainoastaan jäteilmakanavat. Ulkoilma otetaan huoneiston ulkoseinältä, mutta ulkoilmalaitteen sijoittamiselle on rajoituksia ja etenkin alakerroksissa sopivan sijoituspaikan löytäminen voi olla haastavaa [16, s.125]. Samoin asemakaavamääräykset voivat estää tai rajoittaa raitisilman sisäänoton tietyiltä rakennuksen seinustoilta. Taulukossa 1 kerrotaan vähimmäisetäisyyksiä ulkoilmalaitteen ja ilman laatua heikentävien tekijöiden välillä.

Taulukko 1. Ulkoilmalaitteen vähimmäisetäisyys ilman laatua heikentävistä tekijöistä [17].

Ilman laatua heikentävä tekijä	Ulkoilmalaitteen vähimmäisetäisyys (m)
Jätteiden säilytyspaikka, polttomoottorikäyttöisten ajoneuvojen pysäköinti- ja lastauspaikka sekä ajoluiska, tuuletusviemärin ja savupiipun aukko, jäähdytystorni, tupakointipaikka, katu tai tie, kadun tai tien risteys, alle 10 000 autoa vuorokaudessa	8
Poikkeuksena tuuletusviemärin aukko, joka sijaitsee vähintään 3 metriä ulkoilma-aukkoa korkeammalla	5
Vilkasliikenteinen katu tai tie, kadun tai tien risteys	ilmanotto ja käsittely suunnitellaan erikseen
Viereisen huoneiston parveke	3
Maanpinta tai pihataso	2
Kattopinta, joka sijaitsee ulkoilma-aukon alapuolella	0,9

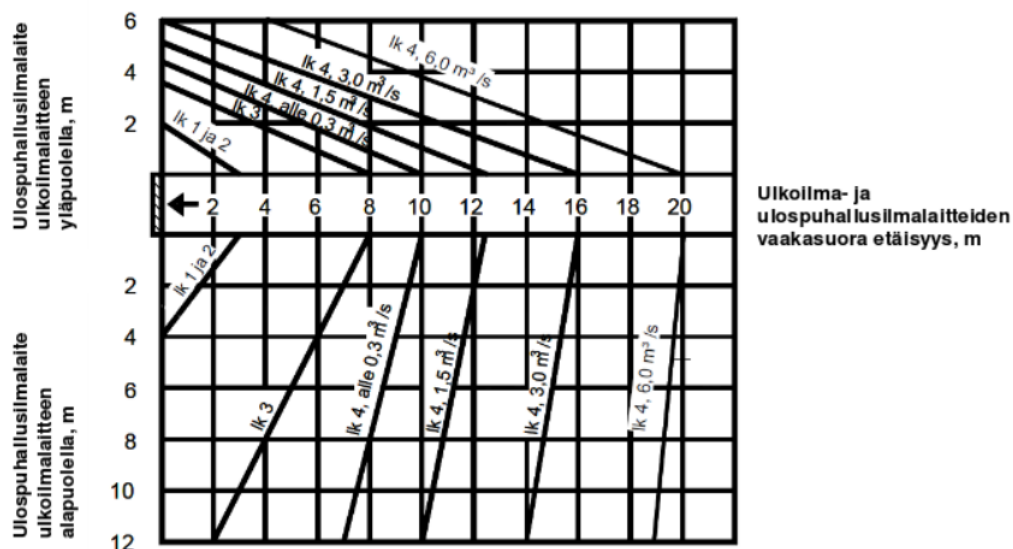
Kyseessä on vilkasliikenteinen katu tai tie silloin, kun sen liikenne on keskimäärin yli 10 000 autoa vuorokaudessa. Tällöin etäisyysvaatimuksena voidaan käyttää taulukon 2 arvoja. [17]

Taulukko 2. Etäisyysvaatimukset vilkasliikenteisistä teistä [17].

Ajoneuvoa	Asuinrakennukset, metriä		Herkkä kohde, metriä	
	minimietäisyys	suositusetäisyys	minimietäisyys	suositusetäisyys
5 000		10	10	20
10 000	7	20	20	40
20 000	14	40	40	80
30 000	21	60	60	120
40 000	28	80	80	160
50 000	35	100	100	200
60 000	42	120	120	200
70 000	49	140	140	200
80 000	56	150	150	200
90 000	63	150	150	200
100 000	70	150	150	200

Taulukossa 2 herkällä kohteella tarkoitetaan päiväkoteja, kouluja, vanhusten palvelutaloja sekä sairaaloita, ja etäisyydellä tarkoitetaan metrejä ajoradan reunasta rakennuksen julkisivulle. [17]

Myös jäteilma voidaan järjestää seinäpuhalluksena, mutta sillekin on omat rajoituksensa. Ulospuhalluslaite ja ulkoilmalaite asennetaan riittävän kauas toisistaan, kun noudatetaan kuvan 7 ilmoittamia etäisyyksiä. [17]



Kuva 7. Ulkoilmalaitteiden etäisyys ulospuhalluslaitteista [17].

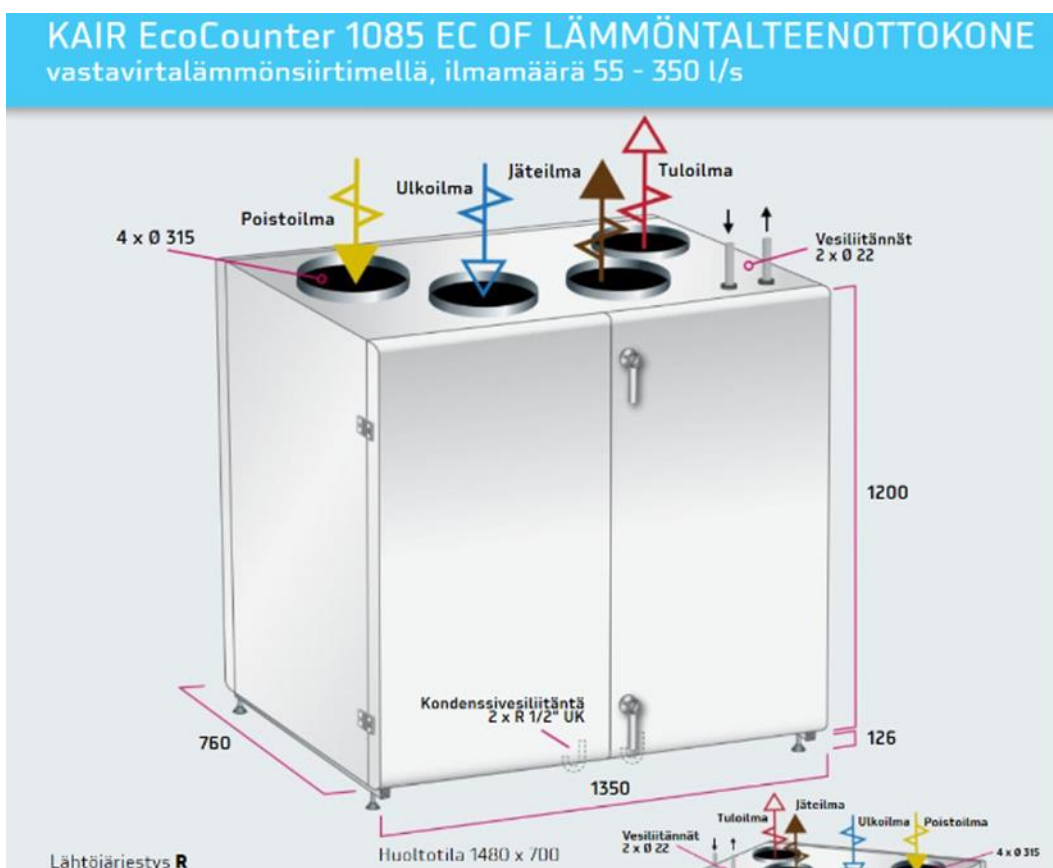
Kuvassa 7 ne arvot, jotka eivät suoraan osu viivalle, voidaan arvioida ja suurimman ulospuhallusilmavirran ylittävillä arvoilla voidaan käyttää samoja vaatimuksia kuin ilmavirralla $6 \text{ m}^3/\text{s}$. [17]

Taulukko 3. Ulospuhalluslaitteiden ohjeelliset vähimmäisetäisyydet eri poistoilmaluokkien ulospuhallusilmalle [17].

Ulospuhalluslaitteen etäisyys	Poistoilmaluokka		
	1 ja 2	3	4
Alapuolella olevista avattavista ikkunoista	2 m	4 m	6 m
Samalla tasolla tai yläpuolella olevista avattavista ikkunoista tai oleskelutasoista	3 m	6 m	10 m
Maanpinnasta tai pihatasosta	2 m	3 m	5 m
Naapuritontista	2 m	5 m	8 m
Tuuletusviemärin ja savupiipun aukosta ja painovoimaisen ilmanvaihdon ulospuhallusilma-aukoista	1 m	1 m	1 m

Taulukossa 3 on esitetty tarvittavia etäisyyksiä riippuen siitä, minkä poistoilma-
luokan ilma on kyseessä. Kuvassa 4 ja taulukossa 3 mainitut neljä poistoilma-
luokkaa ovat seuraavanlaiset: Luokan 1 ilmaa on esimerkiksi toimistotiloissa sekä
opetustiloissa, ja sitä voidaan käyttää palautus- ja siirtoilmana. Luokan 2 ilmaa
on muun muassa asuinhuoneissa ja myymälöissä, ja sitä voidaan käyttää siirtoil-
mana esimerkiksi WC-tiloissa. Luokan 3 ja 4 ilma ei sovellu palautus- eikä siirtoil-
maksi, koska sen laatua ovat huonontaneet kosteus, kemikaalit ja hajut. Luokan
3 ilmaa on esimerkiksi ulkoiluvälinevarastoissa ja pesutiloissa, kun taas luokan 4
ilmaa on muun muassa autokorjaamoissa ja tupakointitiloissa. [17]

IV-koneen kokoa ei kannata valita niin, että kone mahtuu vain juuri ja juuri sille
varattuun tilaan, sillä koneen asentaminen saattaa osoittautua hyvin haastavaksi
eikä koneen ovien avaamiseen jää välttämättä riittävästi tilaa.



Kuva 8. Kair-ilmanvaihtokone [18].

Kuvassa 8 on esitetty Kair-ilmanvaihtokone, jo tuotannosta poistunut malli Eco-Counter 1085, jonka ovet tarvitsevat saranoiden sijainnin takia tavallista enemmän tilaa aueta.

3.3 Painovoimainen ilmanvaihto ja koneellinen poisto

Painovoimainen ilmanvaihto perustuu sisä- ja ulkoilman välisiin paine-eroihin, jotka aiheutuvat lämpötilasta ja tuulesta [1, s. 70]. Järjestelmän mitoitus perustuu siihen, että ilmareitin virtausvastus tulee yhtä suureksi kuin mitoitusilanteen painovoima [16, s. 115]. Asunnoissa on venttiili poistoilmaa varten keittiössä/keittokomerossa ja kylpyhuoneessa sekä mahdollisesti vaatehuoneessa, ja ulkoilmaa varten korvausilmaventtiili makuuhuoneessa sekä oleskelutiloissa. 1950-luvun puoliväliin saakka yleisin ilmanvaihtotapa oli painovoimainen ja se pysyi yleisimpänä 3–4-kerroksisissa rakennuksissa 1960-luvun puolelle asti [1, s. 115]. Koneellisessa poistoilmanvaihdossa ilmanvaihtoa tehostetaan poistopuhaltimen avulla. Puhaltimilla poistoilmaventtiilien ilmavirta saadaan vakioksi ja poistokanavat mitoitettua painovoimaista ilmanvaihtoa suuremmalle nopeudelle, jolloin kanavat vievät vähemmän tilaa. [19, s. 215]. Koneellista poistoa alettiin käyttää 1950-luvulla [1, s. 115].

Korjausrakennuskohteissa painovoimainen ilmanvaihto ja koneellinen poisto saatetaan muuttaa koneelliseksi tulo- ja poistojärjestelmäksi, mikä aiheuttaa paljon muutostöitä asunnoissa ja vaatii paljon tilaa uusille kanaville.

4 Lämmitys

Radiaattoreiden lämpöjohtoja varten ei tarvita tilaa kuiluissa, mutta vesikiertoista lattialämmitystä ja IV-koneen tai -koneiden vesikiertoisen lämmityspatterin lämpöjohtoja varten usein tarvitaan.

Asuinrakennusten, erityisesti kerrostalojen, yleisin lämmitysmuoto Suomessa on kaukolämpö. Tilastokeskuksen mukaan vuoden 2020 asuinrakennusten asumisen energiankulutuksesta 85 prosenttia tuotettiin kaukolämmöllä.

Kiinnostus maalämpöä kohtaan on pitkään ollut kasvussa, mutta vuoden 2020 tilastossa lämpöpumppuenergian vastaava osuus asuinkerrostaloissa oli yhden prosentin luokkaa. Lämpöpumppuenergiaan on sisällytetty maasta, ilmasta ja vedestä lämpöpumpuilla talteen otettu energia. [20]

Lämmönjakohuone sijoitetaan mieluiten ulkoseinälle, jolloin kaukolämmön ja käyttöveden tonttijohto saadaan tuotua helposti sisälle huoneeseen. Lisäksi kaukolämpöverkon liittymisjohdon tulisi olla mahdollisimman lyhyt ja kaukolämpöjohtojen sijaita mahdollisimman vähän kiinteiden rakenteiden alla tai rakennuksen sisällä [21].

Kaukolämmön mittauskeskuksen tilantarpeen määrittelee lämmönmyyjä, mutta huoltotilaa sille on järjestettävä vähintään 0,8 m eteen ja 0,6 m sivuille koko pituudelta, ja huoltotilan korkeuden täytyy olla vähintään 2 m [21].

Jotta lämpö- ja käyttövesijohdot saadaan kuljetettua lämmönjakohuoneelta muihin tiloihin, huonetta ei kannata ympäröidä esimerkiksi sähkötilalla ja väestönsuojalla. Väestönsuojan seiniä ei saa lävistää väestönsuojaan kuulumattomalla tekniikalla [22] eikä sähkötiloihin haluta aiheuttaa paineellisten vesijohtojen mahdollista vuotoriskiä.

Taulukko 4. Kaukolämpölaitteiden ohjeellinen tilantarve [21].

Asuinrakennuksen tilavuus m ³	Lämmönsiirrinten lukumäärä	Kaukolämpölaitteiden tilantarve m ²	Muiden laitteiden tilantarve m ²
500	2	2	määritetään laitteiden tilantarpeen mukaisesti ja lisätään kaukolämpölaitteiden tilantarpeeseen
500	3	2,5	
1 000	3	3	
1 000	4	4	
10 000	4	5	
20 000	4	5	

Taulukossa 4 on esitetty kaukolämpölaitteiden neliömääräinen tilantarve riippuen asuinrakennuksen tilavuudesta ja lämmönsiirtimien lukumäärästä. Taulukon mukaan esimerkiksi 500 m³:n kokoinen asuinrakennus tarvitsee kaksi tai

kolme lämmönsiirrintä. Kahdella lämmönsiirtimellä tilantarpeeksi tulee 2 m² ja kolmella 2,5 m².

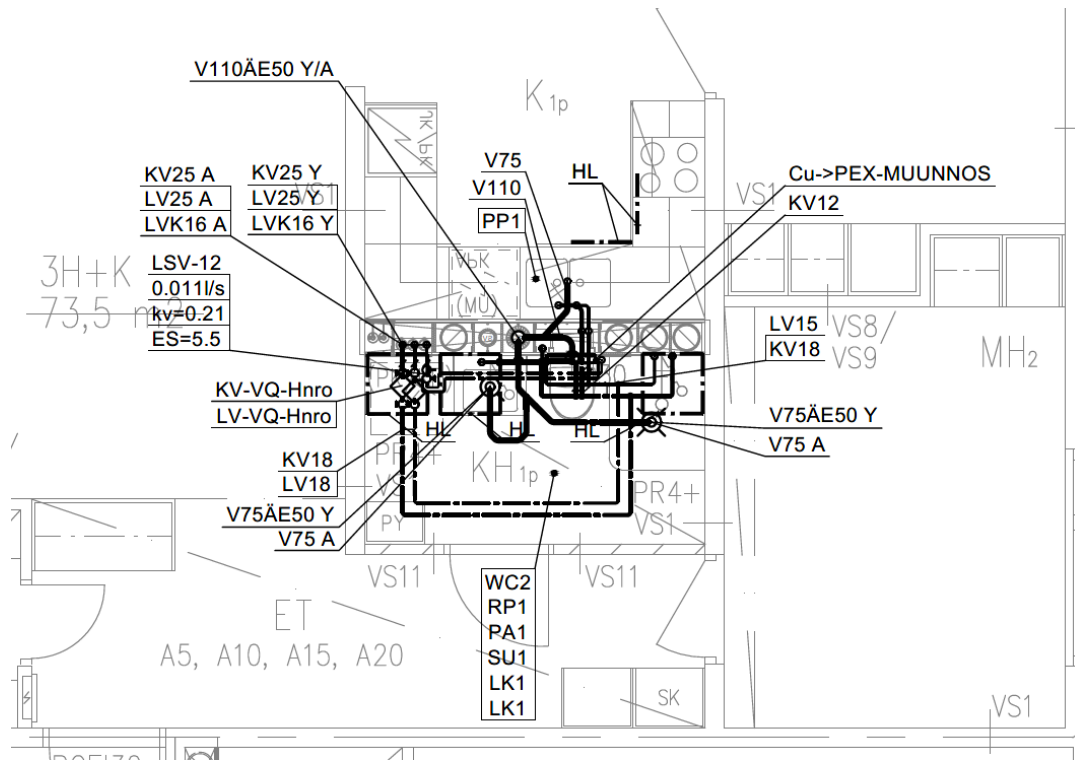
Lämmönjakohuoneeseen tulee lämmönsiirtimen ja mittauskeskuksen lisäksi varata tilaa myös tyypillisesti päävesimittarille, paisuntalaitteille, valvonta-alakeskukselle, vesipisteelle ja lattiakaivolle. [21]

5 Viemärit ja vesijohdot

Viemärit vievät ilmanvaihtokanavien jälkeen toiseksi eniten tilaa kuiluissa. LVI-suunnittelija pystyy arvioimaan tarvittavien jäteviemäreiden määrän arkkitehdin merkitsemien vesipisteiden mukaan. Asunnoissa jokaista kylpyhuonetta, keittiötä ja erillisvessaa kohden varataan lähtökohtaisesti yksi jätevesiviemäriin pysynousu. Sadevesiviemärit voidaan kattotyypistä riippuen toteuttaa sisä- tai ulkopuolisena vedenpoistona. Sisäpuolisella vedenpoistolla tarkoitetaan sadevesien pystylinjojen sijoittamista rakennuksen rungon sisäpuolelle, ja ulkopuolisessa vedenpoistossa pystylinjat sijoitetaan rakennuksen ulkopuolelle esimerkiksi syöksytorvina. Sadevesiviemäreiden suunnittelua varten on tarkasteltava rakennuksen kattoa ja kattokaivojen määrän tarvetta. [4]

Hulevesi eli sade- ja sulamisvesi on johdettava pois rakennuksen katolta räystäiden ja kattokaivojen avulla. Katon kaltevuuden ollessa 1:40 tai loivempi veden virtausmatkan kaivoille on oltava mahdollisimman lyhyt: maksimissaan 15 m. Tarvittavien kaivojen määrä voidaan laskea siten, että 150–200 m²:ä kohden on yksi kattokaivo, kun kaivon poistoputken halkaisija on vähintään 100 mm. Kattokaivojen on oltava vähintään 500 mm:n etäisyydellä pystyrakenteista tai muista läpivienneistä, ja lisäksi niiden määrässä sekä sijoituksessa on huomioitava, että järjestelmä toimii myös yksittäisen kaivon tukkeutuessa. [23]

Jyrkillä katoilla vedenpoisto toteutetaan alaräystäillä, joiden avulla hulevesi johdetaan rakennuksen ulkopuolelle. Kourujen ja syöksytorvien mitoitus perustuu katon sekä valuma-alueiden pinta-alaan. [23]



Kuva 10. Esimerkkikuva huoneistokohtaisesta vesijohtonoususta.

Kuvassa 10 on esitetty erään asunnon kylpyhuoneeseen sijoitettu hormielementti, jonka kautta vesijohdot tuodaan asuntoon ja jonka pystyviemäriin kylpyhuoneen sekä keittiön viemärit on yhdistetty. Hormielementissä näkyy myös IV-kanaville, lämpöputkille ja sadevesiviemäriille varatut paikat.

6 Paloturvallisuus

Rakennusten paloturvallisuudesta huolehditaan estämällä tulen ja savukaasujen leviäminen ilmanvaihtokanavia pitkin sekä tarvittaessa sammutuslaitteistoilla.

6.1 Palo-osastot

Rakennusten tilat jaetaan palo-osastoihin, joissa tulipalon leviäminen eri osastosta toiseen on estetty määrätyn ajan (esimerkiksi 60 tai 90 minuuttia) osastoin rakennusosin [15]. Palo-osastojen rajoja on syytä miettiä tilavarausten

tekemisen yhteydessä, ja ne vaikuttavat etenkin nousukuilujen mittoihin, sillä paloeriste kasvattaa reilusti IV-kanavan sekä pystyviemärin kokonaishalkaisijaa ja siten myös kuilun kokoa [5, 7]. Pyrkimyksenä on aina se, että yleisiin tiloihin tarvittaisiin mahdollisimman vähän palopeltejä ja asuntoihin niitä ei tulisi laittaa ollenkaan. Keskitetyssä ilmanvaihdossa, jossa IV-kone palvelee asuntojen lisäksi muun muassa varastotiloja, kannattaa varastoille tulevat kanavat sijoittaa kuiluihin siten, ettei niitä tarvitse kuljettaa kuilusta ulos tullessaan eri palo-osastojen läpi. [6] Osastoivan rakenteen lävistävän IV-kanavan täytyy olla yhtä palonkestävä kuin kyseinen osastoiva rakenne [15].

6.2 Sammutuslaitteistot

Tarve sammutusvesilaitteistolle ja sen sijoitus selvitetään rakennusvalvonta- ja pelastusviranomaisten kanssa [14]. Ympäristöministeriön asetuksen mukaan rakennus tulee varustaa kiinteästi asennetulla sammutusveden siirtämiseen tarkoitettulla putkistolla, kun ylimmän kerroksen lattian etäisyys on yli 24 metriä rakennuksen sisäänkäyntitasosta ja kun kellarikerroksen lattian etäisyys on yli 14 metriä rakennuksen sisäänkäyntitasosta [24].

Rakennus varustetaan kuivanousulla, kun sisäänkäyntitason ja ylimmän lattiatason välinen korkeusero on 24–50 metriä, ja märkänousulla, kun korkeusero on yli 50 metriä. Kuivanousussa palokunta täyttää putken vedellä, kun taas märkänousussa vesi saadaan rakennuksen omista järjestelmistä. Sammutusvesiputken halkaisijan on oltava vähintään 80 mm. Palokunnan 40 metrin työjohdolla täytyy ylettyä nousujohtolta kaikkialle kerroksessa, ja tarvittaessa useampaan kuin yhteen porrashuoneeseen asennetaan nousujohto. [25]

Palokunta ottaa sammutusvettä työjohtoon vedenottoliittimestä, jonka edustalla on oltava vähintään 1 000 mm ja ympärillä 200 mm vapaata tilaa. Jos vedenottoliittimiä on kaksi päällekkäin tai vierekkäin, niiden on oltava vähintään 250 mm:n päässä toisistaan. Vedenottoliitin sijoitetaan jokaiseen kerrokseen. [25]

Vesihuoltolaitos määrää sammutusvesilaitteiston liitoskohdan, eikä syöttövesijohtoa saa haaroittaa muulle järjestelmälle kuin sammutusvedelle lukuun ottamatta asuntosprinklerilaitteistoja, jotka on mahdollista liittää samaan rakennuksen syöttövesijohtoon [14].

Sprinklerit ovat lämpöön reagoivia vesisuuttimia, joiden tarkoitus on sammuttaa tulipalo heti sen alkuvaiheessa tai pitää paloa hallinnassa siihen asti, että palokunta sammuttaa tulipalon. Suurin osa palokuolemista tapahtuu asuntojen sisällä, minkä takia on kehitetty erityisiä asuntosprinklerilaitteistoja. Sprinklereitä saa suunnitella vain henkilö, jolla on siihen pätevyys, eli asianmukainen koulutus ja käytännön kokemus. [26]

7 Varautuminen uusiin järjestelmiin

Tilavarauksissa voidaan joutua varautumaan myös mahdollisesti tulevaisuudessa lisättäviin järjestelmiin, kuten maalämpöön tai jäähdytykseen. Jos rakennukseen halutaan IV-jäähdytys, tuloilmakanavat tarvitsevat lämpöeristyksen ja jäähdytysvesijohdot tilavarauksen nousuille.

Maalämmön keruujärjestelmiä tehdään poraamalla maahan reikiä, sijoittamalla putkia vaakasuunnassa maaperään tai upottamalla putkia vesistöihin. Asuinkerrostalon ollessa kyseessä maalämmön tuottoon käytetään yleensä useita maalämpökaivoja. Maalämpökaivon poraus vaatii kunnalta luvan, ja sen esteenä voivat olla maanalaiset rakenteet, alueen muut maalämpökaivot tai erityiset ympäristösytyt. [27, s. 38–40.]

Maalämpöpumpulla tuotettu lämpö on hieman matalampaa kuin muilla lämmöntuottotavoilla, mikä on otettava huomioon lämmitysjärjestelmän mitoituksessa. Esimerkiksi vesikiertoisten radiaattoreiden voi olla tarpeen olla hieman suurempia kuin kaukolämpöä käytettäessä. [27, s. 38–40.] Maalämpöpumpun käyttötarkoitus voi olla päälämmitysjärjestelmänä toimimisen sijasta myös rinnakkaislämmitys tai esimerkiksi käyttöveden lämmitys [28].

Lämpöpumppujärjestelmän toimittajan on suositeltavaa huolehtia lämmitysjärjestelmän suunnittelusta ja toimituksesta sekä vastata järjestelmän toimivuudesta. Investointi maalämpöpumppujärjestelmään on sitä kannattavampi, mitä suurempia rakennus ja sen energiankulutus ovat. [28]

8 Yhteenveto

Insinööriyö kokoaa yhteen tärkeimmät tilavarausten suunnitteluun tarvittavat tiedot ja voi näin auttaa etenkin uusia LVI-suunnittelijoita tilavarausten teossa. Haastatellut talotekniikka-alalla työskentelevät henkilöt antoivat hyvin samanlaisia vastauksia liittyen siihen, mistä he lähtevät tai lähtisivät tilavarausten kanssa liikkeelle. Kaikille tuli kuitenkin mieleen hieman eri asioita mahdollisista haasteista ja joistain yksityiskohdista. Hieman kokeneemmatkin suunnittelijat voivat mahdollisesti löytää insinööriyöstä jotain, mitä eivät heti olisi tulleet ajatelleeksi.

Tilavarausten kanssa ei kannata kiirehtiä, sillä ne ovat oleellinen osa suunnittelutyötä. Mikä tahansa muutos vaikuttaa usein kaikkien suunnittelualojen piirustuksiin, jolloin kuvia joudutaan päivittämään ja lisäämään uudestaan projekti-pankkiin, ja muutoksen laajuudesta riippuen projekti saattaa jopa viivästyä.

Kuiluja mietittäessä erilaisiin hormielementteihin perehtyminen kannattaa etenkin silloin, kun tilat ovat ahtaat ja kuiluista pitäisi saada mahdollisimman pieniä. Paikalla tehtävät kuilutkaan eivät kuitenkaan ole huono ratkaisu. Kun ilmamäärät on laskettu ja tarvittaville nousukanaville löydetty sopivat paikat, tilavarauksissa ollaan jo pitkällä. Valitulla ilmanvaihtotavalla on merkitystä nousukanavien määrään, ja jos asuntoihin laitetaan omat IV-koneet, oman lisänsä suunnitteluun tuo ulkoilma- ja ulospuhalluslaitteille sopivien paikkojen etsiminen.

Lämmönjakohuoneen sijainnilla on merkitystä tonttijohdon ja kaukolämpöverkon liittymisjohdon takia sekä myös siksi, että vesiputket saadaan kuljetettua lämmönjakohuoneesta muualle rakennukseen. Kuilujen ja teknisten tilojen lisäksi myös paloturvallisuutta on mietittävä jo tilavarausten yhteydessä, erityisesti liittyen palo-osastojen rajoihin ja IV-kanavien reitteihin.

Tutkimustyötä erilaisista tilantarpeista voisi jatkaa perehtymällä tarkemmin muihin lämmitysmuotoihin kuin kaukolämpöön sekä tutkimalla tilantarpeita myös muissa rakennuksissa kuin kerrostaloissa. Mitoitusta helpottavia työkaluja on mahdollista tehdä esimerkiksi MagiCADin tai Excelin avulla.

Lähteet

- 1 Kerrostalot 1880–2000 – arkkitehtuuri, rakennustekniikka, korjaaminen. 2006. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- 2 Hämäläinen, Aimo; Kiiras, Juhani; Kruus, Matti; Lindroos, Hannu; Saari, Arto & Salmikivi, Teppo. 2007. SUKE. Malli talotekniikan suunnittelun ja hankintojen ohjaukseen projektinjohtohankkeissa. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- 3 LVI-, sähkö- ja teleasennusten reitit ja asennustilat korjausrakentamisessa. 2008. RT 92-10913. Rakennustieto Oy.
- 4 Järvinen, Matti. 2022. Koulutuspäällikkö, LVI-projektipäällikkö, Hepacon Oy, Helsinki. Keskustelu 14.9.2022.
- 5 Ahosilta, Jesse. 2022. LVI-projektipäällikkö, Hepacon Oy, Helsinki. Keskustelu 22.9.2022.
- 6 Kemppainen, Joni. 2022. Projekti-insinööri, Hepacon Oy, Helsinki. Keskustelu 21.9.2022.
- 7 Anttila, Markus. 2022. LVI-tekniikkapäällikkö, Helsingin kaupunki, kaupunkiympäristön toimiala, Helsinki. Keskustelu 20.9.2022.
- 8 Elpo-hormi ohjeet. Elpo-hormi talotekniikkaelementti. Verkkoaineisto. Rudus Oy. <<https://www.rudus.fi/suunnittelijalle/elpo-hormit#>> Luettu 8.9.2022.
- 9 Luja-hormielementti. Verkkoaineisto. Lujabetoni Oy. <<https://lujabetoni.fi/tuotteet/rakennuselementit/hormielementti/>>. Luettu 30.8.2022.
- 10 Elpo-hormit. Verkkoaineisto. Rudus Oy. <<https://www.rudus.fi/tuotteet/elpo-hormit>>. Luettu 30.8.2022.
- 11 Pipemodul-moduulit. Verkkoaineisto. Pipemodul Oy. <<https://www.pipemodul.com/fi/moduulit/>>. Luettu 19.9.2022.
- 12 Talotekniikkaelementit. Verkkoaineisto. Uponor Suomi Oy. <<https://www.uponor.com/fi-fi/tuotejarjestelmat/talotekniikkaelementit>>. Luettu 13.9.2022.
- 13 Riser Port. Talotekniikkaelementtien suunnitteluopas. 2021. Verkkoaineisto. Uponor Suomi Oy. <<https://www.uponor.com/fi->

- fi/tuotejarjestelmat/talotekniikkaelementit/riserport-talotekniikkahormi/riserport-suunnittelijoille>. Luettu 13.9.2022.
- 14 Vesi- ja viemärlaitteistot -opas. 2018. Verkkoaineisto. Talotekniikkainfo. <<https://talotekniikkainfo.fi/vesi-ja-viemarilaitteistot-opas>>. Päivitetty 22.6.2022. Luettu 30.8.2022.
 - 15 Ilmanvaihtolaitosten paloturvallisuus -opas. 2018. Verkkoaineisto. Talotekniikkainfo. <<https://talotekniikkainfo.fi/ilmanvaihtolaitosten-paloturvallisuus-opas>>. Päivitetty 22.6.2022. Luettu 30.8.2022.
 - 16 Sandberg, Esa. 2014. Sisäilmasto ja ilmastointijärjestelmät. Ilmastointiteknikka osa 1. Helsinki: Talotekniikka-Julkaisut Oy.
 - 17 Sisäilmasto ja ilmanvaihto -opas. 2018. Verkkoaineisto. Talotekniikkainfo. <<https://talotekniikkainfo.fi/sisailmasto-ja-ilmanvaihto-opas>>. Päivitetty 11.6.2021. Luettu 30.8.2022.
 - 18 Kair. Tieto- ja varustekortti. Kair Ecocounter 1085 EC OF lämmöntalteenottokone. Verkkoaineisto. Oy Pamon Ab. <https://issuu.com/pamon-kair/docs/tieto-ja_varustekortti_ecocounter_1?e=31147696/53639126>. Luettu 9.9.2022.
 - 19 Seppänen, Olli. 1996. Ilmastointiteknikka ja sisäilmasto. Helsinki: Suomen LVI-liitto ry.
 - 20 Asumisen energiankulutus 2020. Julkaistu 16.12.2021. Liitetaulukko 2. Asumisen energiankulutus energialähteittäin vuonna 2020, GWh. Helsinki: Tilastokeskus. Suomen virallinen tilasto.
 - 21 Rakennusten kaukolämmitys. Määräykset ja ohjeet. K1. 2020. Energiategollisuus ry.
 - 22 S1-luokan teräsbetonisten väestönsuojien LVIS-laitteet. 2012. LVI 06-10502. Rakennustieto Oy.
 - 23 Toimivat katot 2022. Verkkoaineisto. Kattoliitto ry. <https://www.kattoliitto.fi/wp-content/uploads/2022/03/Toimivat_katot_2022.pdf>. Luettu 13.9.2022.
 - 24 Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta. 927/2020.
 - 25 Ohje kiinteiden sammutusvesiputkistojen suunnittelusta ja toteutuksesta. 2018. Helsingin kaupunki. Pelastuslaitos.

- 26 SFS-EN 16925:2018+AC:2020. Kiinteät palonsammutusjärjestelmät. 2018. Asuntosprinklerilaitteistot. Suunnittelu, asentaminen ja huolto. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.
- 27 Ketola, Jari & Nieminen, Juha. 2021. Talotekniikan putkiasennukset. Helsinki: Sanoma Pro Oy.
- 28 Lämpöpumput. 2002. LVI 11-10332. Rakennustieto Oy